

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Матеріалознавства та ливарного виробництва»

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка технології виготовлення виливка
Корпус НШ100 методом лиття в кокіль»**

Виконав здобувач вищої освіти 4-го
курсу групи ПМ(ОЛ)-21-ПЗ
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____ Олена КУРОЧКА

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____ Сергій КОНОНЧУК

Рецензент:

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Механіко-технологічний
Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА
ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

_____ Курочка Олена Валеріївна

1. Тема роботи: «Розробка технології виготовлення виливка Корпус НШ100 методом лиття в кокіль»
2. Керівник роботи: Конончук Сергій Васильович, канд. техн. наук, доцент
3. Строк подання роботи до захисту: 15.06.2025 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: розробка технології лиття в кокіль виливка Корпус НШ100. Виконати огляд існуючих способів виготовлення виливків із алюмінієвих сплавів. Розробити технологію виготовлення виливка Корпус НШ100 методом лиття в кокіль.
5. Перелік графічного матеріалу: 1) креслення деталі з нанесенням модельно-ливарних вказівок; 2) креслення ливарної форми в зборі

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Оглядовий	Конончук С.В.		
Технологічний	Конончук С.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури по темі роботи	10.04.2025	
2	Розрахунки по технологічній частині	30.04.2025	
3	Креслення по технологічній частині	20.05.2025	
4	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2025	
5	Оформлення презентації роботи	15.06.2025	
6	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	15.06.2025	
9	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2025	

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис керівника

_____ Конончук С.В.

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача

_____ Курочка О.В.

Анотація

КУРОЧКА Олена Валеріївна. Розробка технології виготовлення виливка Корпус НШ100 методом лиття в кокіль. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: ЦНТУ, 2025. 34 с.

Перелік графічного матеріалу: 1) креслення деталі з нанесенням модельно-ливарних вказівок; 2) креслення ливарної форми в зборі.

Вибрано в якості матеріалу для виготовлення виливків алюмінієвий сплав АК5М2Ц4, описано хімічний склад, механічні та ливарні властивості сплаву. Для плавки сплаву вибрано електричні тигельні печі САТ-0,22/10 ємністю 220 кг. Описано процес підготовки печі до плавки. Описано процес плавки та рафінування алюмінієвих сплавів. Для виготовлення виливків обрано одну позиційні кокільні машини мод. 5913. Описано будову та технічні характеристики машини. Описано процес підготовки кокіля до роботи та технологічний процес лиття. Для відрізання ливників та підживлювачів використовується стрічкопилний відрізний верстат. Обдирка виливків, зачистка залишків ливників виконується на обдирно-шліфувальних верстатах.

Виконано аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок, описано, розроблені модельно-ливарні вказівки та технічні умови на виливок, розраховано параметри підживлювача та ливниково-живильної системи, описано процес проектування ливарного оснащення, описано технологічний процес виготовлення виливка, вибрано параметри контролю якості виливків.

Розроблені технологічні креслення деталі з розробкою модельно-ливарних вказівок та форми в зборі.

Ключові слова: сплав, плавильна піч, кокільний верстат, виливок, шихта, рафінування, кокіль, підживлювач, ливникова система.

Abstract

KUROCHKA Olena. Development of the casting manufacturing technology for the NSh100 housing by chill mold casting method. Qualification work for the first (bachelor's) level of higher education: CUNTU, 2025. 34 p.

List of graphic material: 1) drawing of the part with application of model-casting instructions; 2) drawing of the casting mold as a whole.

The aluminum alloy AK5M2C4 was selected as the material for manufacturing castings, the chemical composition, mechanical and casting properties of the alloy were described. For melting the alloy, electric crucible furnaces SAT-0.22/10 with a capacity of 220 kg were selected. The process of preparing the furnace for melting is described. The process of melting and refining aluminum alloys is described. Single-position chill machines mod. 5913 were selected for manufacturing castings. The structure and technical characteristics of the machine are described. The process of preparing the mold for work and the technological process of casting are described. A band saw cutting machine is used to cut the sprues and feeders. The stripping of castings, cleaning of the sprue residues is performed on stripping and grinding machines.

The analysis of the design of the part and the technical conditions for the casting are performed, the model-casting instructions and technical conditions for the casting are described, the parameters of the feeder and the sprue-feeding system are calculated, the process of designing the casting equipment is described, the technological process of manufacturing the casting is described, the parameters of the quality control of the castings are selected.

Technological drawings of the part are developed with the development of model-casting instructions and the assembled mold.

Keywords: alloy, melting furnace, mold machine, casting, charge, refining, mold, feeder, foundry system.

ЗМІСТ	Стор.
ВСТУП	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ	9
1.1. Хімічний склад та механічні властивості сплаву	9
1.2. Плавильний агрегат для плавки сплаву	11
1.3. Кокільна машина для лиття алюмінієвих сплавів	14
1.4. Обладнання для фінішної очистки виливків	16
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЛИТТЯ В КОКІЛЬ ВИЛИВКА «КОРПУС НШ100»	18
2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок	18
2.2. Послідовність розробки технологічного процесу виготовлення виливка	19
2.2.1. Вибір поверхні роз'єму форми	19
2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку	20
2.2.3. Вибір радіусів округлень та ливарних нахилів	21
2.2.4. Припуски на усадку	21
2.2.5. Розробка креслень модельно-ливарних вказівок	21
2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи	22
2.3.1. Основні принципи проектування ливниково-живильної системи.	22
2.3.2. Вибір місця підводу металу	22
2.3.3. Тип ливникової системи	22
2.3.4. Розрахунок і конструювання підживлювача	23
2.3.5. Розрахунок ливникової системи	24
2.4. Технологічний процес виготовлення відливка	27
2.5. Опис процесу проектування ливарного оснащення	29
ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	32
ДОДАТКИ	34

ВСТУП

Актуальність роботи. Ливарне виробництво має значні переваги перед іншими видами виробництва. Воно дозволяє створювати деталі практично будь-якої форми та складності, включаючи порожнини та складні конфігурації. Лиття забезпечує високу продуктивність, особливо для масового виробництва, та економічну ефективність при великих обсягах. Воно дозволяє використовувати широкий спектр матеріалів, від металів до полімерів та кераміки. Литі деталі часто мають високу міцність та стійкість до навантажень. Крім того, ливарне виробництво дозволяє виготовляти великогабаритні деталі.

Кокільне литво алюмінієвих сплавів є перспективним та багатообіцяючим. Зростаючий попит на алюмінієві вироби, завдяки їх легкості, міцності та корозійній стійкості, стимулює розвиток цього методу. Технологічні вдосконалення, включаючи нові матеріали для кокіль, автоматизацію та точний контроль, підвищують якість, знижують витрати та збільшують продуктивність. Екологічність процесу сприяє використанню перероблюваного алюмінію та ефективному використанню вторинної сировини. Кокільне лиття забезпечує високу точність та якість виробів, що важливо для багатьох галузей промисловості. Лиття в кокіль є універсальним, дозволяючи виготовляти вироби різного розміру від кількох грам до сотень кілограм.

До основних недоліків кокільного литва, які обумовлюють суттєву конкуренцію з іншими методами лиття, є висока вартість обладнання, високі вимоги до матеріалів та необхідність високої кваліфікації працівників.

Тому вирішення задач розробки технологічного процесу лиття в кокіль алюмінієвих сплавів, розрахунку і проектування ливниково-живильної системи та задач проектування ливарного оснащення є актуальними.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка технології лиття в кокіль вилівка «Корпус НШ100».

Поставлена мета досягнута шляхом вирішення таких задач:

- вибір матеріалів та обладнання для виготовлення виливків та опис роботи ливарного обладнання;
- опис послідовності розробки технології лиття;
- розрахунок і конструювання ливникової системи;
- опис технологічного процесу виготовлення відливка;
- опис процесу проектування ливарного оснащення;
- вибір параметрів контролю якості відливків;

Об'єкт дослідження – технологічний процес лиття в кокіль алюмінієвих сплавів.

Предмет дослідження – розробка модельно-ливарного оснащення для виготовлення виливка «Корпус НШ100» методом лиття в кокіль.

Практичне значення – розраховано та спроектовано модельно-ливарне оснащення для виготовлення виливка «Корпус НШ100» методом лиття в кокіль.

Особистий внесок – Вибрано матеріали та обладнання для виготовлення виливка «Корпус НШ100» методом лиття в кокіль, розраховано ливниково-живильну систему, описано процес проектування ливарного оснащення, спроектовано креслення деталі з модельно-ливарними вказівками та креслення форми в зборі.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ

Вибір методу лиття алюмінію залежить від багатьох факторів: точності, складності деталі, властивостей сплаву, продуктивності, економічності та екологічності виробництва. Застосовуються різні методи: лиття в оболонкові форми, по виплавляємим моделям, під тиском та в кокіль.

Плавку здійснюють у тигельних або подових печах (електричних, газових, індукційних), вибір яких визначається продуктивністю, ємністю, габаритами, енергоспоживанням та зручністю експлуатації.

Використовують алюмінієві чушки, брухт та власні відходи. Для корекції складу додають лігатури – сплави з легуючими елементами (олово, цинк, мідь, титан, кремній, магній), що забезпечує краще засвоєння, ніж чисті компоненти.

Очищення від домішок та газів проводять за допомогою рафінуючих флюсів, які, під дією високої температури, видаляють домішки на поверхню. Після очищення метал витримують для видалення шлаку.

Лиття здійснюють у ручних кокілях або на одно/багатопозиційних кокільних машинах (електричних, пневматичних, гідравлічних).

Також у виробництві використовують різноманітні допоміжні матеріали (вогнетривкі покриття, графітові змазки), ливарні інструменти (ковші, шлакозчищалки, рафінуючі занурні дзвони, виливниці), тощо.

1.1. Хімічний склад та механічні властивості сплаву

Корпус шестеренчастого насосу НШ100 виготовляється методом лиття в кокіль з алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 згідно з ДСТУ 2839-94. Цей сплав відзначається високими механічними характеристиками, такими як міцність, твердість та відносне видовження. Для покращення цих властивостей виливки піддаються частковому гартуванню одразу після вибивки з кокілю з

подальшим природним або штучним старінням. Термічна обробка проводиться за режимом T1. Для здійснення цієї процедури біля кожної кокільної машини встановлюються баки з водою, куди занурюються виливки після вилучення з форми. Такий процес забезпечує необхідні механічні властивості відливок.

Хімічний склад сплаву наведено в табл. 1.1. Механічні властивості сплаву наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.1. Хімічний склад сплаву

Сплав	Si	Mg	Cu	Mn	Ti	Zn	Fe	Al
AK5M2Ц4	4,0–6,0	0,2–	1,5–	0,2–	0,05–	3,5–	< 1,3	Основа
		0,8	3,5	0,8	0,2	8,0		

Таблиця 1.2. Механічні властивості сплавів

Сплав	Вид ТО	Границя міцності при розтягу, кгс/мм ² (Па)	Відносне видовження, %	Твердість, НВ	Лінійна усадка, %	Рідинотекучість (мм) по спіральній пробі
AK5M2Ц4	T1	22 (216)	1,3	95–125	1,25	410

Максимальна твердість алюмінієвих виливків досягається за рахунок виділення розчинених елементів з алюмінієвого сплаву. У випадку, коли природне старіння при кімнатній температурі не забезпечує необхідної твердості, застосовується дисперсійне зміцнення, або штучне старіння. Режим T1 є прикладом такої обробки, що дозволяє підвищити механічну міцність виливків та деталей, особливо перед механічною обробкою. Однак, слід зазначити, що такий метод не рекомендується для дюралюмінію через його негативний вплив на корозійну та механічну стійкість.

1.2. Плавильний агрегат для плавки сплаву

Плавку сплаву виконують в тигельній печі опору САТ-0,22/10 (рис. 1.1). Електричні тигельні печі для плавки алюмінію відрізняються відмінною якістю розплаву, високою продуктивністю та економічністю. Завдяки зручному керуванню, вони є оптимальним вибором для попереднього розплавлення та прямого розливання у великі форми.



Рис. 1.1. Плавильна тигельна піч опору САТ-0,22/10

Електропіч оснащена автоматичною системою регулювання температури, яка базується на твердотільних безконтактних реле та мікропроцесорних терморегуляторах. Ця система дозволяє встановлювати температуру, час нагріву та тривалість витримки при заданій температурі. Нагрівачі, виготовлені зі сплаву

суперфехрالی, розташовані на міцних керамічних трубках, які знаходяться на бічних стінках печі.

Піч футерована сучасними енергозберігаючими вогнетривкими та теплоізоляційними матеріалами, що забезпечують низьку теплоємність та мінімальні енергетичні втрати. Вона також має отвір для аварійного зливу металу. Використовується взаємозамінний карбідокремнієвий тигель, який має стійкість до 180 плавок при періодичній експлуатації. У безперервному режимі роботи печі стійкість тигля перевищує 300 плавок.

Ємність печі 220 кг. Швидкість плавки 150 – 180 хв.

Технічні характеристики печі наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3. Технічні характеристики тигельної печі опору САТ-0,22/10

Параметр, од. вим.	Значення
Номинальна потужність, кВт	73
Максимальна температура нагрівальних елементів, °С	1000
Діапазон регулювання температури металу, °С	40...1000
Ємність печі, кг	220
Параметри електроживлення	3×380 В, 50 Гц
Стабільність підтримки температури в тепловому режимі, що встановився, °С	±5
Тип терморегулятора / Тип термопар	ТРП-08-ТП / ТХА
Габаритні розміри машини, мм:	
довжина	1400
ширина	1600
висота	1800
Маса печі, кг	1250

Підготовка до плавки: Перед початком плавки необхідно поступово нагріти холодний тигель до робочої температури 900°С. Після досягнення цієї температури в розігрітий тигель завантажують метал. Важливо, щоб тигель був очищений від шлаку та залишків попередньої плавки.

Завантаження шихти: Завантаження шихтових матеріалів здійснюється відповідно до розрахунку шихти у наступній послідовності: спочатку відходи власного виробництва (ливники, підживлювачі, браковані деталі), що відповідають готовому сплаву АК5М2Ц4, потім чушковий сплав АК5М2Ц4. За необхідності для коригування хімічного складу сплаву використовуються лігатури (мідна, марганцева).

Модифікування сплаву: Для покращення структури та механічних властивостей вилівка використовується препарат EUTEKTAL T200, який забезпечує подрібнення зерен.

Плавлення "на болото": Допускається плавка металу "на болото", залишаючи в тиглі до 30% рідкого металу попередньої плавки.

Рафінування: Для очищення розплаву від газових та металевих включень перед розливкою використовується рафінування з флюсом АЛ224. Спочатку відміряють необхідну кількість флюсу та загортають його в паперовий конверт, товщиною не більше 10 мм. Готують плавильний інструмент (занурний дзвоник, шлакозчищальку), фарбуючи його вогнетривкою фарбою та висушуючи, а також очищають та висушують вилівниці. Конверт з флюсом поміщають в занурний дзвоник, який занурюють в середину ванни з металом на глибину 50-100 мм від дна при температурі 730-750°C. Протягом 5-8 хвилин виконують рухи дзвоником по спіралі. Після цього дзвоник витягують та очищають. Процес рафінування завершено, коли бурління металу припиняється. Розплав витримують протягом 10-15 хвилин, а потім очищають поверхню від шлаку. Після цього проводиться розливка металу. Якщо розплав вистоюється більше 60 хвилин, рафінування повторюють. Після завершення роботи шлак вибивають з вилівниці.

Під час плавки відбуваються втрати металу через утворення шлаку, оксидних плівок, угар та в процесі розливки. Втрати при плавлі алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 в плавильній печі опору САТ-0,22/10 приведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4. Втрати при плавці алюмінієвих сплавів

Марка сплаву	Види втрат, %			
	Шлак	Оксидні плівки	Угар	Загальні втрати
AK5M2Ц4	4,500		1,610	6,110

1.3. Кокільна машина для лиття алюмінієвих сплавів

Для виготовлення вилівка Корпус НШ100 використовуються одно позиційні кокільні машини мод. 5913 (рис. 1.2). Технічна характеристика даної машини представлена в табл. 1.5:

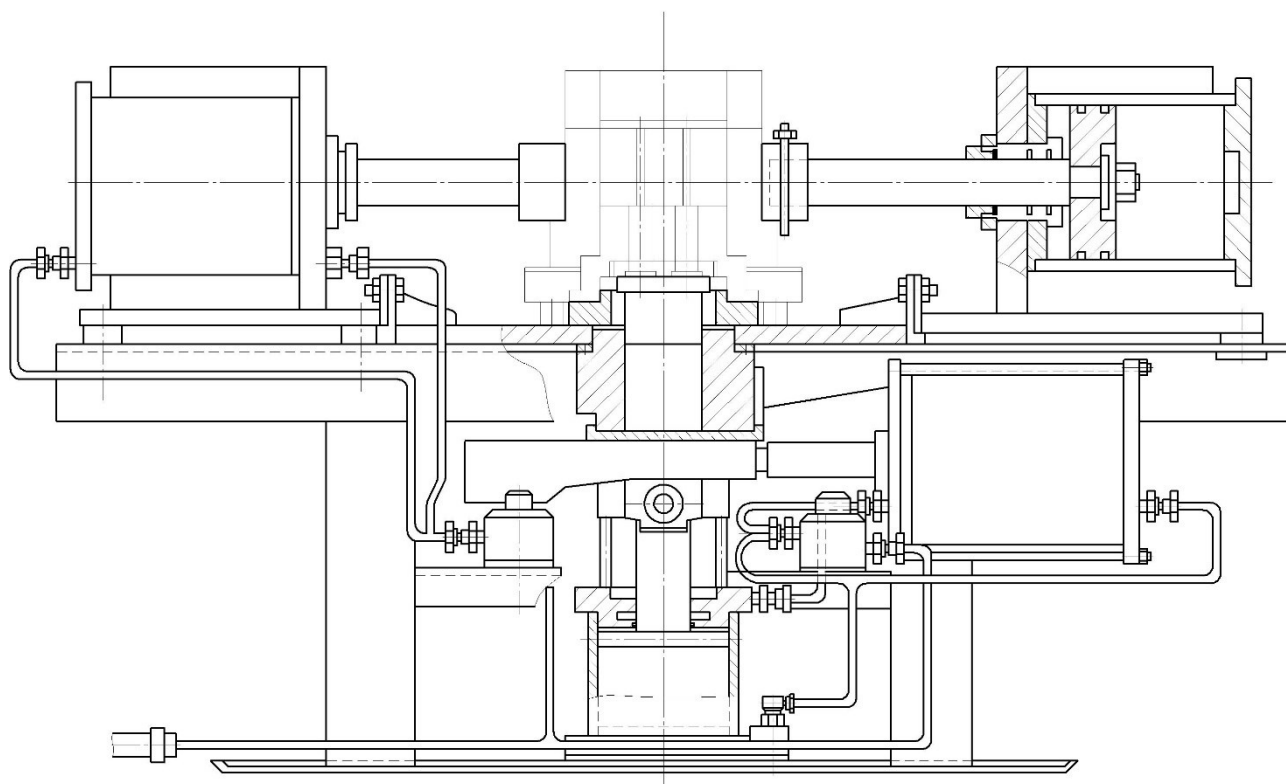


Рис. 1.2. Однопозиційна кокільна машина моделі 5913

Таблиця 1.5

Технічна характеристика карусельної кокільної машини моделі 5913

Параметри	Значення
Потужність двигуна, кВт	3
Розмір робочого місця для кріплення частини кокілю (ширина x висота), мм	500x400
Найменша відстань між плитами, мм	200
Хід плит, мм	400
Зусилля розмикання кокілю, кгс	4000
Продуктивність, заливок/год	до 60
Максимальна металоємність кокілю, кг:	
• для чорних сплавів	30
• для кольорових	20
Висота машини над рівнем підлоги, мм	875
Габаритні розміри, мм	2350x875x1500
Маса машини, кг	2500

Однопозиційні кокільні машини для лиття алюмінію, хоча і поступаються в продуктивності більш сучасним системам, все ще мають певну перспективу на ринку. Їхня головна перевага – відносно низька вартість придбання та експлуатації, що робить їх привабливими для малого та середнього бізнесу. Простота конструкції забезпечує легкість в обслуговуванні та ремонті, знижуючи потребу у висококваліфікованому персоналі. Крім того, вони досить гнучкі та можуть бути легко адаптовані для виробництва різних деталей, що є важливим для підприємств з невеликими серіями продукції.

Однак, ці машини мають і суттєві обмеження. Основний недолік – низька продуктивність, яка обмежує їх використання у великомасштабному виробництві. Вони також вимагають значної ручної праці, що впливає на собівартість продукції та потребує більшої уваги до контролю якості.

Перспективи розвитку однопозиційних кокільних машин пов'язані з модернізацією, зокрема, впровадженням елементів автоматизації для покращення продуктивності та зниження трудомісткості. Спеціалізація на виробництві невеликих партій високоточних деталей, де гнучкість є пріоритетом, також може забезпечити їм певну нішу на ринку.

Загалом, однопозиційні кокільні машини залишаються актуальними для певних сегментів ринку, де ключовими факторами є вартість та простота використання.

1.4. Обладнання для фінішної очистки виливків

Для відрізання ливникової системи використовується стрічкопилний верстат STILER BS 912B (Польща), технічні характеристики якого наведені в таблиці 1.6. Цей верстат призначений для різання різних металів, включаючи алюміній та його сплави, кольорові та чорні метали. Верстат відрізняється високою продуктивністю, надійністю та жорсткістю конструкції при компактних розмірах, що полегшує його монтаж.

Швидкість опускання пильної головки регулюється за допомогою гідроциліндра, а точна швидкість досягається завдяки клапану, що контролює потік олії. Швидкість руху стрічки регулюється зміною передавального числа на шківках між черв'ячною передачею та двигуном. Верстат оснащений баком охолоджуючої рідини з електронасосом.

Безпека забезпечується електронікою, що відповідає вимогам СЕ. Верстат має кінцевий вимикач, який автоматично зупиняє роботу після завершення різання, аварійний вимикач (типу "гриб безпеки") та серію мікровимикачів, що вимикають верстат при відкритті кришки ремінної передачі або ріжучої стрічки..

Таблиця 1.6.б Технічна характеристика верстата STILER BS 912B

Зона обробки при 90°	Діаметр 230 мм
	180x310 мм
Зона обробки при 45°	Діаметр 150 мм
	150x130 мм
Розміри полотна пили	27x0,9x2655 мм
Регулювання лещат	0 - 45°
Діаметр шківів пили	230 мм
Швидкості стрічки	26, 50, 73, 95 м/хв
Потужність мотору	1100 Вт/с
Ємність для охолоджувальної рідини	8 літрів
Швидкість різання: безступінчаста	0...50 м/хв
Габаритні розміри верстата	1500x500x1100 мм
Маса	250 кг

Для фінішної обробки виливків використовується обдирно-шліфувальне обладнання. Зокрема, верстат моделі ЗМ634 застосовується для видалення облоя, залишків ливникової системи, заусенців та інших дефектів з поверхні виливків. Крім того, цей верстат дозволяє виконувати різноманітні слюсарні операції, такі як зняття фасок, обробка ливників, заточування інструментів для обробки металу та дерева, а також точіння та профілювання металевих матеріалів.

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЛИТТЯ В КОКІЛЬ

ВИЛИВКА «КОРПУС НШ100»

2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на вилівок

Деталь визначається як виріб, виготовлений з одного матеріалу без операцій складання. Вилівок – це деталь, сформована шляхом лиття металу у форму.

Корпус гідравлічного шестеренчастого насоса НШ100 (БР-131.25.04.01.00) виготовляється литтям в кокиль з алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 (ДСТУ 2839-94). Вилівок відповідає II класу точності (ДСТУ 3015-95) та має точність 9-0-0-8 (ГОСТ 26645-85).

Вимоги до якості: різностінність не більше 3 мм, короблення не більше 2 мм, ливарні нахили 3°, ливарні радіуси 3 мм, а пористість не вище еталона №2 (ДСТУ 2839-94).

Конструкція вилівка складна, з циліндричним отвором, ребрами жорсткості та платиками для кріплення. Нижня торцева поверхня – базова, верхня має отвір для валу. Внутрішня поверхня має конуси. Передбачені припуски на механічну обробку внутрішньої, нижньої, верхньої поверхонь та торцеві поверхні платиків.

На базових поверхнях не допускаються дефекти, на необроблюваних допускаються одиничні раковини. На оброблюваних поверхнях допустимі дефекти, що не перевищують половину глибини припуску. Залишки ливникової системи повинні бути зачищені. Загальна пористість вилівка не повинна перевищувати еталон № 2 (ДСТУ 3015-95), а зональна пористість - бал 3. Допуск зміщення або перекосу по площині роз'єму до 1 мм.

Габарити: 212x202x185 мм, маса: 7,7 кг, твердість: не менше 80 НВ.

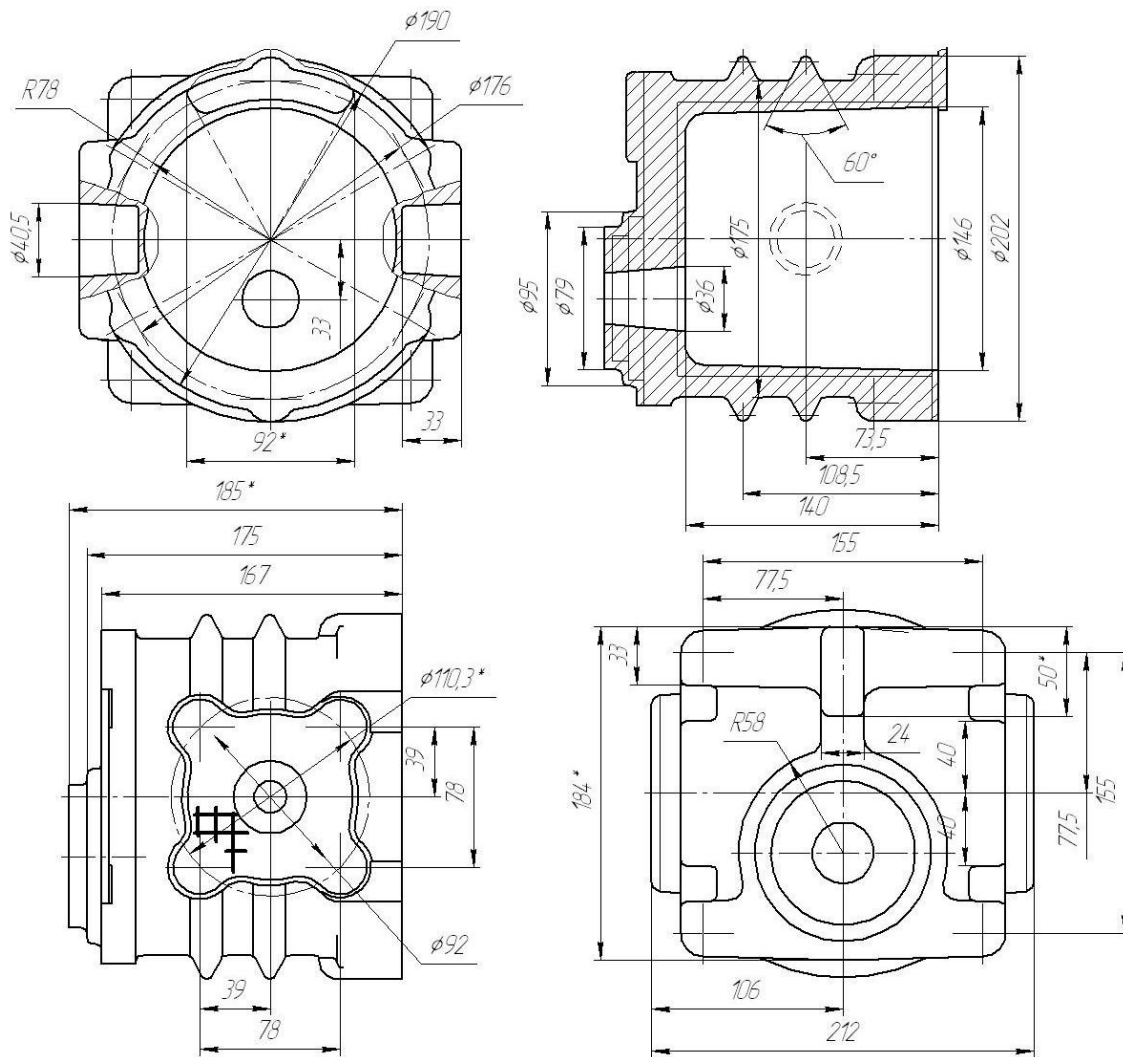


Рис. 2.1. Виливок корпус НШ100

2.2. Послідовність розробки технологічного процесу виготовлення виливка

Перед початком виробництва виливка необхідно ретельно проаналізувати його конструкцію та технологічні вимоги. Після аналізу визначаються положення виливка у формі під час заливки та затвердіння, вибирається поверхня роз'єму форми, встановлюються припуски на механічну обробку та усадку, радіуси округлень і ливарні ухили.

2.2.1. Вибір поверхні роз'єму форми. Для забезпечення якості виливка важливо правильно вибрати поверхню роз'єму форми. Вибір визначається конструкцією деталі, технологічними вимогами та особливостями конструкції. При цьому слід враховувати основні принципи ливарного виробництва: поверхня роз'єму повинна бути плоскою, а їх кількість – мінімальною. Роз'єм

має забезпечувати зручний контроль розмірів форми, бути по можливості суцільним, уникати підвісних стержнів та забезпечувати зручне розташування основних стержнів. Бази для механічної обробки повинні знаходитись в одній частині форми з оброблюваними поверхнями та не перетинатись площиною роз'єму. Циліндричні поверхні рекомендується розташовувати вертикально.

Враховуючи всі ці фактори, обирається вертикальна лінія роз'єму з однією поверхнею роз'єму по середині деталі, що відповідає основним вимогам та принципу направленого затвердіння (рис. 2.2).

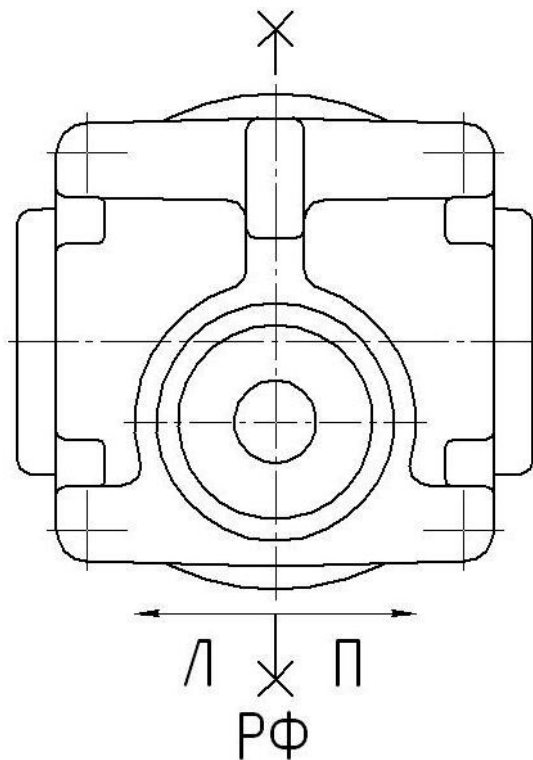


Рис. 2.2. Поверхня роз'єму виливка

2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку. Розміри виливків розраховуються з урахуванням припусків на механічну обробку. Величина припуску залежить від розмірів виливка, положення оброблюваної поверхні при заливці, способу лиття та класу точності виливка.

Припуски на механічну обробку для виливків з алюмінієвих сплавів, виготовлених литтям в кокіль, регламентуються ГОСТ 26645-85. Припуски на механічну обробку для поверхонь наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Припуски механічну обробку виливків із алюмінієвих сплавів при литті в
кокіль

Максимальний припуск, мм	Положення при заливці	Мінімальний припуск, мм
3,5	Верх	2,0
3,5	Низ	2,0
3,5	Збоку	2,0
3,5	Внутрішня поверхня	2,0

2.2.3. Вибір радіусів округлень та ливарних нахилів. Радіуси округлень визначаються згідно з ГОСТ 10948-64. Не всі значення округлень вказані на кресленні, але вони включені в технічні вимоги до виливка, як і ливарні ухили:

- Ливарні нахили: 3°.
- Ливарні радіуси: 3 мм.

2.2.4. Припуски на усадку. Припуск на усадку – це збільшення всіх ливарних розмірів моделі на величину ливарної усадки, виражену у відсотках від розмірів виливка. Для алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 при литті в кокіль приймається лінійна усадка 1,00% та об'ємна усадка 3,00%.

2.2.5. Розробка креслень модельно-ливарних вказівок. Креслення розробляються на основі креслення деталі корпусу НШ100-3-01. Технологічне креслення містить технологічні позначення відповідно до ГОСТ 2.423-73. На кресленні необхідно вказати: положення виливка у формі під час заливки та затвердіння, величину припуску на механічну обробку, розташування поверхонь моделі на формі, границі стержнів та зазори, місце розташування та розміри елементів ливниково-живильної системи.

Проекція виливка повинна відповідати положенню при заливці. На кресленні вказується величина припуску на механічну обробку. Отвори, які не виготовляються литтям, закреслюються суцільною лінією. Елементи ливарної форми наносяться відповідно до ГОСТ. Роз'єм виливка та форми позначається прямим відрізком з літерами РФ.

Припуски на механічну обробку зображуються суцільною тонкою лінією, а їх величина вказується цифрою перед знаком шорсткості або величиною ухилу та ливарними розмірами.

Позначення шорсткості поверхні та правила їх нанесення відповідають ГОСТ 2309-73. Якщо шорсткість всіх поверхонь однакова, її вказують у правому верхньому куті креслення.

Зображення ливникової системи та підживлювача, а також нанесення розмірів виконуються згідно з ГОСТ 2423-73. Ливникову систему зображують суцільною тонкою лінією в масштабі креслення. Площу перерізу елементів не штрихують, але допускається вказувати площу перерізу (см²), кількість елементів та сумарну площу.

2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи

2.3.1. Основні принципи проектування ливниково-живильної системи. Ливниково-живильна система (ЛЖС) – це сукупність каналів, що з'єднуються послідовно, призначених для подачі рідкого металу в порожнину ливарної форми. Зазвичай ЛЖС включає в себе: ливникову чашу або воронку, стояк, шлаковловлювач та живильник. Живильник приєднується безпосередньо до ливарної порожнини, при цьому важливо забезпечити його легке відділення від виливка без пошкодження.

2.3.2. Вибір місця підводу металу. Підвід металу здійснюється в нижній частині виливка. Такий підвід забезпечує більш спокійне заповнення форми, сприяє спливанню оксидних плівок, що позитивно впливає на чистоту та гладкість поверхні виливка. Цей тип системи, відомий як сифонний, широко використовується для виливків з алюмінієвих сплавів.

2.3.3. Тип ливникової системи. Для даного виливка обрана типова конструкція ливникової системи: нижньо-бокова, сифонна, розширююча, з горизонтальним розташуванням живильників та похилим стояком (рис. 2.3).

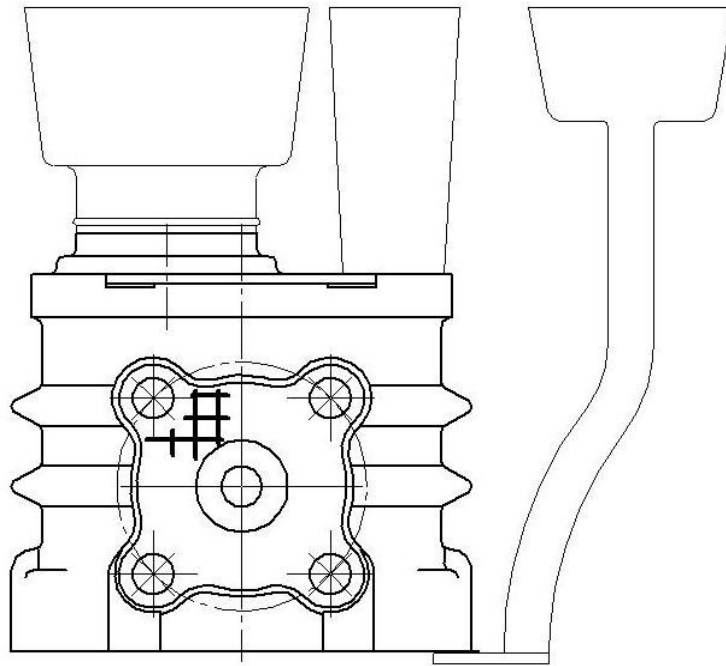


Рис. 2.3. Конструкція ливникової системи виливка Корпус НШ100

2.3.4. Розрахунок і конструювання підживлювача. Основна функція підживлювача – запобігання утворенню усадочних раковин та рихлостей у виливку, забезпечуючи перехід цих дефектів з робочої частини в підживлювач. Підживлювач розміщують в тих зонах виливка, які затвердіють останніми. У даному випадку, для оптимальної роботи, підживлювач рекомендовано розмістити у верхній частині виливка.

Розрахунок розмірів підживлювача здійснюємо за наступною методикою.

Висота підживлювача розраховується за формулою:

$$H = \sqrt[3]{\frac{x_{\varepsilon}}{\varepsilon_{\varepsilon}} V_n}, \quad (2.1)$$

де x_{ε} - коефіцієнт усадочної раковини, $x_{\varepsilon} = 9 \dots 12$;

$\varepsilon_{\varepsilon}$ - відношення об'єму усадочної раковини $\varepsilon_{\varepsilon} = 9 \dots 12$;

V_n - необхідний об'єм підживлювача.

$$V_n = \frac{\beta}{k} V_{\text{від}}, \quad (2.2)$$

де β - коефіцієнт $\beta = 0,035 \dots 0,08$;

$k = 0,25$;

$V_{\text{від}}$ - об'єм виливка $V_{\text{від}} = 2850 \text{ см}^3$.

$$V_n = \frac{0,035}{0,25} \cdot 2850 = 400 \text{ см}^3$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{10}{9,5} \cdot 400} = 73 \text{ мм}$$

Діаметр підживлювача розраховується за формулою:

$$D = H \cdot (1,7 \dots 1,9) = 124 \dots 138 \text{ мм}$$

Для забезпечення живлення термічних вузлів виливка та виходу газів із при заливці, приймаємо випор та підживлювач, конструкція і розміри яких вказані на рис. 2.4.

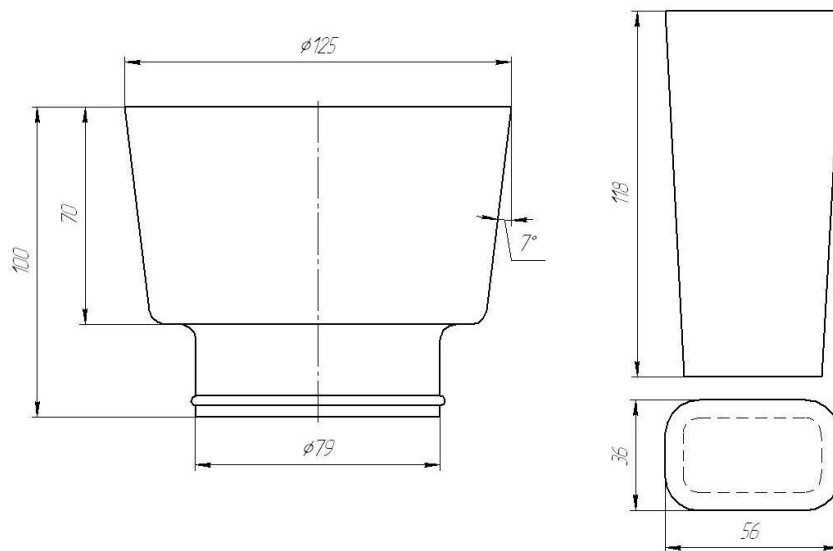


Рис. 2.4. Розміри підживлювача та випора

2.3.5. Розрахунок ливникової системи. При визначенні розмірів елементів ливникової системи для алюмінієвих сплавів необхідно враховувати наступні фактори:

- Критерій Рейнольдса (Re) для різних елементів ЛЖС не повинен перевищувати певного значення, щоб мінімізувати потрапляння оксидів та неметалевих включень у форму, що може призвести до зниження щільності виливка.
- Швидкість руху розплаву в формі повинна забезпечувати повне заповнення без утворення недоливів та спаїв.

Для забезпечення високої якості виливків, швидкість руху розплаву повинна зменшуватися від стояка до живильника. З цієї причини для виливків з алюмінієвих сплавів використовуються ливникові системи, що розширюються зі співвідношенням:

$$F_{ст} : F_{кол} : F_{ж} = 1 : 2 : 3, \quad (2.3)$$

де $F_{ст}, F_{кол}, F_{ж}$ - площі поперечного перерізу стояка, колектора, живильника відповідно.

Для визначення середнього значення мінімальної швидкості підйому металу у формі u_0 використовують різні теоретичні та експериментальні залежності. Досить точною є залежність:

$$u_0 = (3,0 \dots 4,2) l_0, \quad (2.4)$$

де u_0 - початкова швидкість підйому розплаву у формі, см/с

l_0 - характерна товщина стінки виливка, см.

При литті мілких та середніх виливків у кокіль площа поперечного перерізу стояка визначається за формулою:

$$F_{ст} = \frac{(3,0 \dots 4,2)G}{\rho H_0 l_0 u_{роз}}, \quad (2.5)$$

де G - вага виливка, г, $G = 9700$ г;

ρ - густина розплаву, г/см³, $\rho = 2,7$ г/см³;

H_0 - висота виливка, см, $H_0 = 23,5$ см;

l_0 - характерна товщина стінки виливка, см, $l_0 = 2,3$ см;

$u_{роз}$ - швидкість руху розплаву, см/с.

Швидкість руху розплаву визначається за формулою:

$$u_{роз} = \mu \sqrt{2gH_p}, \quad (2.6)$$

де μ - коефіцієнт витрати, $\mu = 0,65 \dots 0,75$ (для нижнього підводу металу);

H_p - статичний напір, $H_p = H_0 - \frac{p^2}{2c}$.

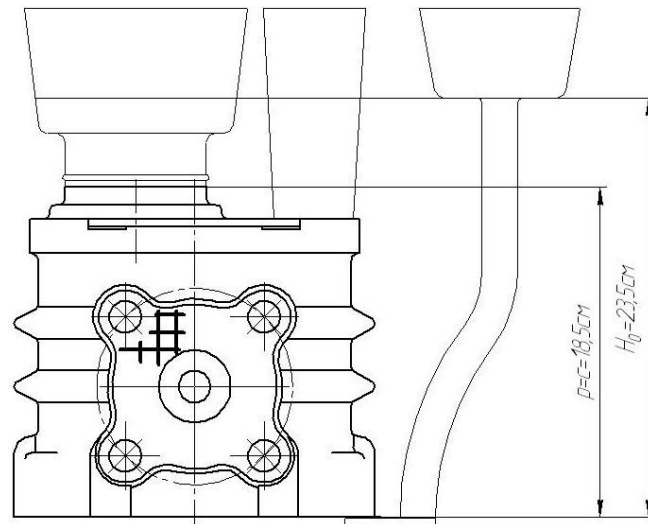


Рис. 2.5. Схема до розрахунку металостатичного напору

$$H_p = 23,5 - \frac{18,5^2}{2 \cdot 18,5} = 14,25 \text{ см}$$

$$u_{роз} = 0,70 \sqrt{2 \cdot 98114,25} = 117 \text{ см/с}$$

$$F_{cm} = \frac{(3,0 \dots 4,2) \cdot 9800}{2,7 \cdot 23,5 \cdot 2,3 \cdot 117} = 1,72 \dots 2,41 \text{ см}^2$$

Приймаємо $F_{cm} = 1,80 \text{ см}^2$, тоді $F_{жс} = 1,90 \text{ см}^2$ (в нашому випадку ливникова система складається зі стояка та живильника).

Стояк приймаємо прямокутного перерізу з закругленими краям. Товщина стояка – 10 мм, тоді його ширину приймемо – 20 мм, з радіусом округлення 5 мм.

Живильників приймаємо два, для підводу металу в ліву та праву напівформи одночасно. Переріз живильника – прямокутний з закругленими нижніми краями, висота – 5 мм, ширина – 20 мм, з радіусом округлень 5 мм.

Перерізи елементів ливникової системи показано на рис. 2.6.

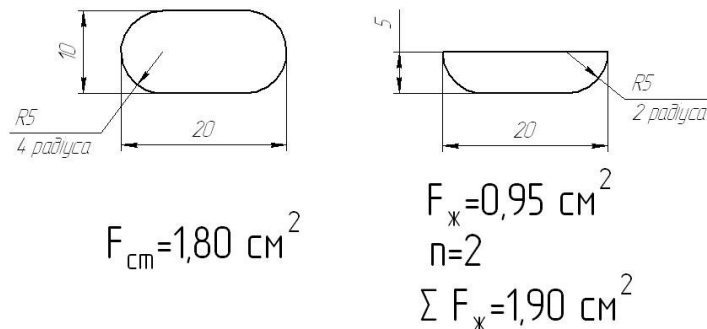


Рис. 2.6. Перерізи стояка і живильника

2.4. Технологічний процес виготовлення виливка

Технологічний процес виготовлення виливка в кокіль включає наступні етапи: складання кокілю, підготовка, заливка, охолодження, вилучення виливка, очищення та контроль якості.

1. Виливок корпусу НШ100-3-01 виготовляється в кокілі, який монтується на однопозиційну кокільну машину моделі 5913 (технічні характеристики наведені в розділі 1). Кокіль кріпиться на штоках гідроциліндрів та направляючих, також встановлюються стержні. Збірка напівформи та кокілю показана на рисунках 2.7 та 2.8.

2. Після збирання кокіль розігрівається до температури 150...200 °С за допомогою пальника.

3. На розігрітій кокіль пульверизатором наноситься протипригарна теплоізоляційна фарба Gillolin AL223G у вигляді порошку, виготовлена з оксидної кераміки та графіту. Фарба розводиться водою у співвідношенні 1:5 та наноситься в два шари з просушуванням протягом 2-3 хвилин після першого шару. Рекомендована товщина шару – 0,2 мм. За необхідності, фарбування повторюється в процесі роботи.

4. Після просушування кокіль закривається гідроприводом машини, встановлюються стержні, і можна розпочинати заливку металу.

5. Для заливки використовується алюмінієвий сплав АК5М2Ц4 при температурі 720...740 °С. Заливка здійснюється ковшем ємністю 10 кг.

6. Після охолодження та повного затвердіння виливка (протягом 10...15 хвилин) стержні видаляються гідроприводом, і кокіль розкривається.

7. Виливок виймають з кокілю за допомогою кліщів, захоплюючи за підживлювач, та скидають у тару. Заповнену тару транспортують на ділянку очищення.

8. На ділянці очищення виливки подаються до стрічкопильного верстата для відділення підживлювачів. Допустима висота залишку від підживлювача – до 5 мм.

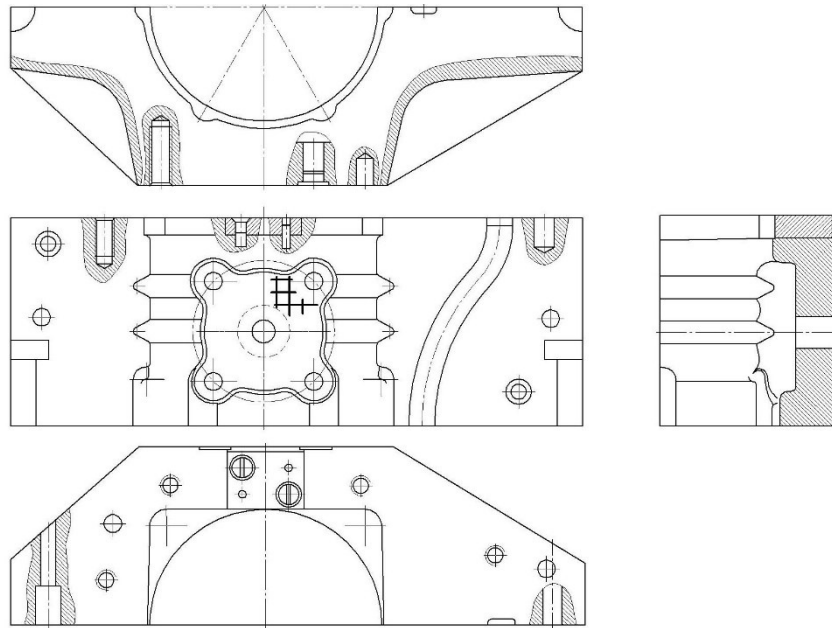


Рис. 2.7. Права половина кокілю

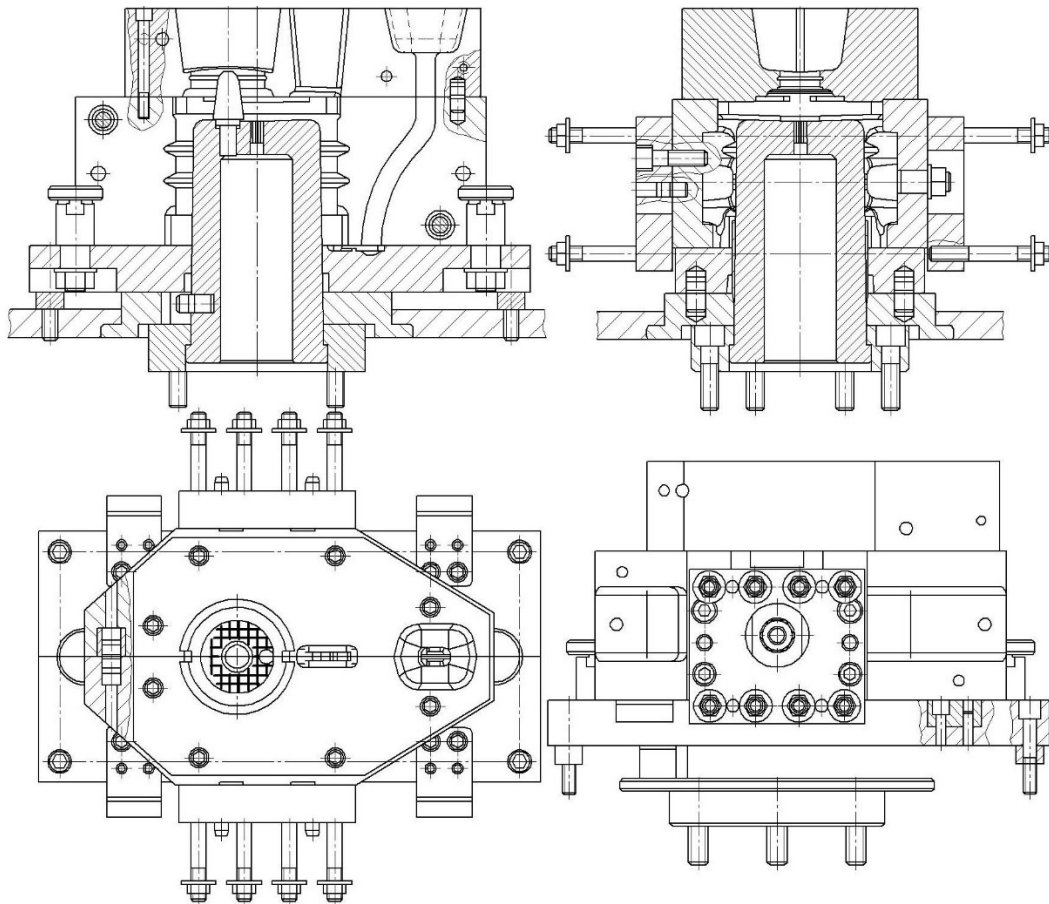


Рис. 2.8. Форма в зборі

9. Після очищення виливки транспортуються на естакаду для контролю ВТК. Контроль проводиться вибірково та включає:

- Вимірювання твердості (80...115 НВ) в частині підживлювача по центру вилівка на приладі ТШ-2 з діаметром шарика 10 мм, навантаженням 1000 кгс та витримкою 30 секунд.
- Візуальний огляд на наявність дефектів (допускаються дефекти на оброблених поверхнях, але не більше 2/3 від припуску на механічну обробку).
- Вимірювання базових розмірів.
- Вилівок перевіряється на герметичність на спеціальних гідравлічних стендах.

2.5. Опис процесу проектування ливарного оснащення

Кокіль для виготовлення вилівка корпусу НШ100 виготовляється литтям з сірого чавуну марки СЧ 20. Для покращення властивостей чавуну, його легують наступними елементами: Cu - 1%, V - 0,5%, Ti - 0,1%, Sn – 0.2%, Al - 3%. Легуючі елементи додаються в ківш. Після виготовлення кокілю проводиться механічна обробка формують поверхонь. Підживлююча частина кокілю виготовляється окремо з нелегованого сірого чавуну марки СЧ 20 шляхом механічної обробки заготовки, а потім приєднується до кокілю болтами.

Для зменшення ваги та металоємності кокіль оснащений ребрами жорсткості. Основа кокілю також виготовляється з чавуну СЧ 20 того ж складу, що і кокіль.

Стержні, що мають округлу форму, виготовляються шляхом механічної обробки круглої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом, піддаються поліруванню. Матеріал стержнів – сталь 45 згідно з ГОСТ 1050-74.

Плоскі стержні виготовляються шляхом механічної обробки плоских заготовок. Контактуючі з рідким металом поверхні також поліруються. Матеріал стержнів – сталь 45 згідно з ГОСТ 1050-74.

Всі стержні піддаються термообробці - азотуванню, з товщиною шару $h=0,05$ мм та твердістю HRC 30...35.

2.6. Аналіз ефективності ливникової системи

Основними видами браку при виготовленні виливка Корпус НШ100 є: газові раковини, газова пористість в підживлюючій частині та неметалеві включення. Утворення цих дефектів залежить від: режимів заповнення форми, конструкції ливникової системи, якості шихтових матеріалів, використання якісних фарб для покриття робочої порожнини, а також забезпечення ефективного видалення газів з ливарної порожнини під час заливки та кристалізації.

Неметалеві включення – один з найпоширеніших дефектів, і їх усунення є пріоритетною задачею. Причинами їх утворення є: турбулентний рух розплаву в каналах ливникової системи, потрапляння повітря та газів через роз'єм форми, а також проникнення оксидів та інших сполук, що завжди присутні в розплаві з заливального ковша. Неправильно спроектована ливникова система (наприклад, великий переріз стояка або каскадне скидання розплаву з високим живильником) сприяє турбулентному руху розплаву.

Газова пористість під підживлювачем виникає внаслідок недостатнього живлення верхньої частини виливка, що може бути викликано недостатнім об'ємом підживлювача.

Для запобігання дефектам необхідно регулювати режим заповнення форми розплавом, забезпечуючи плавне заповнення робочої порожнини та уникнення потрапляння повітря, захвату газів при плавці та розливі.

Таким чином, ливникова система даної конструкції та її основні розміри елементів забезпечують оптимальний режим заповнення форми розплавом, а саме виконується умова:

$$u_{роз} > u_{min}, \quad (2.7)$$

де $u_{роз}$ - середня швидкість підйому розплаву у формі, м/с;

u_{min} - мінімально допустима швидкість підйому розплаву у формі, м/с.

Тобто: $1,17 \text{ м/с} > 0,54 \text{ м/с}$.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розв'язане важливе технічне завдання розробки технології виготовлення виливка Корпус НШ100 методом лиття в кокіль.

При розв'язанні даного завдання вирішено наступні задачі:

- вибрано матеріали та обладнання для виготовлення виливків та описано роботу ливарного обладнання;
- розраховано і сконструйовано ливникову систему;
- описано технологічний процес виготовлення виливка;
- описано процес проектування ливарного оснащення;

В першому розділі вибрано в якості матеріалу для виготовлення виливків алюмінієвий сплав АК5М2Ц4, описано хімічний склад, механічні та ливарні властивості сплаву. Для плавки сплаву вибрано електричні тигельні печі САТ-0,22/10 ємністю 220 кг. Описано процес підготовки печі до плавки. Описано процес плавки та рафінування алюмінієвих сплавів. Для виготовлення виливків обрано одну позиційні кокільні машини мод. 5913. Описано будову та технічні характеристики машини. Описано процес підготовки кокіля до роботи та технологічний процес лиття. Для відрізання ливників та підживлювачів використовується стрічкопильний відрізний верстат. Обдирка виливків, зачистка залишків ливників виконується на обдирно-шліфувальних верстатах.

В другому розділі виконано аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок, описано, розроблені модельно-ливарні вказівки та технічні умови на виливок, розраховано параметри підживлювача та ливниково-живильної системи, описано процес проектування ливарного оснащення, описано технологічний процес виготовлення виливка, вибрано параметри контролю якості виливків.

Розроблені технологічні креслення деталі з розробкою модельно-ливарних вказівок та форми в зборі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аксьонов П. Н. Обладнання ливарних цехів. - М.: Машинобудування, 1997. - 510с.
2. Сафронов В. Я. Довідник з ливарного обладнання. - М.: Машинобудування, 1985. - 319 с.
3. Тітов Н.Д., Степанов Ю.А. Технологія ливарного виробництва: Підручник для машинобудівних технікумів. 2-ге вид. Перероб. - М.: Машинобудування, 1978. - 432 с.
4. Степанов Ю. А., Баландін Г. Ф., Рибкін В. А. Технологія ливарного виробництва. - М.: Машинобудування, 1983. - 287 с.
5. Ливниково-живильні системи. Конструювання та розрахунок ливникових систем. Навчальний посібник/Л.А. Большаков. - Маріуполь: ПДТУ, 2007. - 125 с.
6. Рубцов Н. Н. Спеціальні види лиття. - М.: Машгіз, 1955. - 331 с.
7. Білопухов А. К. Технологічні режими лиття під тиском. - М.: Машинобудування, 1967. - 239 с.
8. Галдін Н. М. Літникові системи для виливків з легких сплавів. - М.: Машинобудування, 1978. - 195 с.
9. Лиття в кокіль / За ред. А. І. Вейніка. - М.: Машинобудування, 1980. - 415 с.
10. Дубінін Н.П. Беліков О.А та ін Кокільне лиття - Довідковий посібник. М.: Машинобудування, 1967. - 456с.
11. Баландін Г. Ф. Теорія формування виливка. М. Видавництво МДТУ ім. н.е. Баумана, 1998 рік. 359 с.
12. Белов А.Ф., Добаткін В.І., Квасов Ф.І. та ін Алюмінієві сплави. Металознавство алюмінію та його сплавів. Довідник М: Металургія. 1971. С. 352.
13. Фрідляндер І.М. Металознавство алюмінію та його сплавів. Довідник М: Металургія. 1983.С.560.

14. Колобнєв, І.Ф. Термічна обробка алюмінієвих сплавів/І.Ф. Колобнєв. М.: Металургія, 1966. - 394с.
15. Белов А.Ф., Добаткін В.І., Квасов Ф.І. та ін Алюмінієві сплави. Металознавство алюмінію та його сплавів. Довідник М: Металургія. 1971. С. 352.
16. Белов А.Ф., Добаткін В.І., Квасов Ф.І. та ін Алюмінієві сплави. Промислові деформовані, спечені та ливарні алюмінієві сплави. Довідник М.: Металургія.1972.С. 552.
17. Фрідляндер І.М. Металознавство алюмінію та його сплавів. Довідник М: Металургія. 1983.С.560.
18. Колобнєв, І.Ф. Термічна обробка алюмінієвих сплавів. М: Металургія, 1966. 394с.
19. Застосування алюмінієвих сплавів. Довідкове керівництво / М. Б. Альтман [та ін]. Москва: Металургія, 1973. 408 с.
20. Конончук С.В., Пукалов В.В. Удосконалення технологічного процесу лиття у кокіль алюмінієвих сплавів. Литва – 2018: XIV Міжнар. наук.-практ. конф. Запоріжжя: АА Тандем, 2018. С. 119-120.
21. Підвищення продуктивності процесу лиття алюмінієвих сплавів на основі дослідження теплового режиму кокіля / Конончук С.В., Скрипник О.В., Свяцький В.В., Пукалов В.В. Литва – 2021: XVII Міжнар. наук.-практ. конф. Запоріжжя: АА Тандем, 2021. С. 107-111.
22. Конончук С.В. Підвищення продуктивності процесу лиття шляхом регулювання теплового режиму кокілю на основі комп'ютерного дослідження потоку повітря у каналах стрижня / С.В. Конончук, О.В. Скрипник, В.В. Свяцький, В.В. Пукалов // Центральноукраїнський науковий вісник: Технічні науки, вип. 5(36). 2022 нар. 3. 39-50.
23. Спеціальні способи лиття: довідник / В.А. Єфімов, Г.А. Анісович, В.М. Бабич та ін; за заг. ред. В.А. Єфімова. М.: "Машинобудування", 1991. 436 с.

ДОДАТКИ